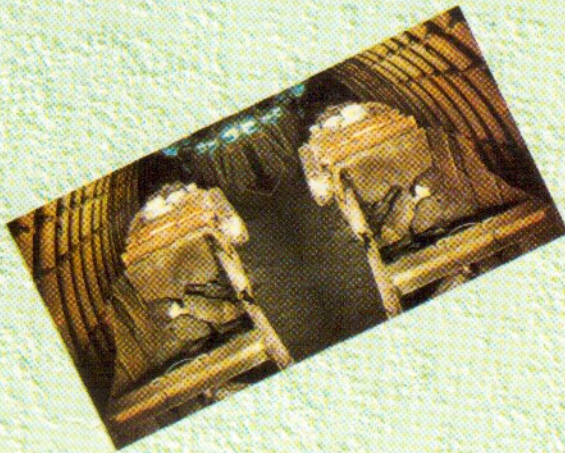


**VI INTERNACIONALNI SIMPOZIJUM O TRANSPORTU I IZVOZU**

**6th INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON MINE HAULAGE AND HOISTING**



**ZBORNİK RADOVA**



**PROCEEDINGS**



**RAZVOJ NOVIH TEHNOLOGIJA I OPREME U  
RUDNIČKOM TRANSPORTU I IZVOZU**

**DEVELOPMENT OF NEW TECHNOLOGIES AND  
EQUIPMENT FOR MINE HAULAGE AND HOISTING**

**Budva,  
23 - 25. maj 2005.**





6th INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON MINE HAULAGE AND HOISTING  
VI INTERNACIONALNI SIMPOZIJUM O TRANSPORTU I IZVOZU  
Budva, maj 23-25. 2005  
Organiser: University of Belgrade, Faculty of Mining and Geology  
*Department of Mine Haulage and Hoisting*

**Izdavač / Publisher**

RUDARSKO-GEOLOŠKI FAKULTET, BEOGRAD  
*Katedra za transport i izvoz*

FACULTY OF MINING AND GEOLOGY, BELGRADE  
*Department of Mine Haulage and Hoisting*

**Urednik / Editor**

prof. dr Miloš Grujić

**Tehnička oprema / Technical design**

mr Ivica Ristović, dipl. inž  
Jelena Arežina, dipl. inž.

ISBN 86-7352-141-6

**Štampa / Printed by**

GORAPRES – Beograd

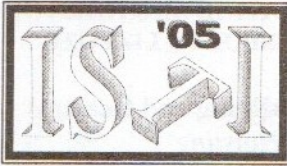
**Tiraž / Copies**

250

Zbornik je urađen kao fotoreprint radova koje su pripremili autori.

The Proceedings is edited as a photoreprint of a papers prepared by authors.





**6th INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON MINE HAULAGE AND HOISTING  
VI INTERNACIONALNI SIMPOZIJUM O TRANSPORTU I IZVOZU**

**Budva, maj 23-25. 2005**

**Organiser: University of Belgrade, Faculty of Mining and Geology  
Department of Mine Haulage and Hoisting**

**ORGANIZATOR / ORGANIZER**

**Katedra za transport i izvoz Rudarsko-geološkog fakulteta u Beogradu**

**Department of Mine Haulage and Hoisting of Faculty of Mining and Geology Belgrade**

**SUORGANIZATORI / CO-ORGANIZERS**

**Moskovski državni rudarski univerzitet (MGGU), Moskva, Rusija**

**BERG Fakultet Tehničkog univerziteta, Košice, Slovačka**

**Elektroprivreda Srbije (EPS), Beograd, Srbija**

**Moscow State Mining University (MSMU), Moscow, Russia**

**BERG Faculty, TU, Košice, Slovakia**

**Serbian Power Plant Industry, Belgrade**

**NAUČNI ODBOR / SCIENTIFIC COMMITTEE:**

prof. Lev A. Pučkov, MGGU Moskva, Rusija (predsednik), prof. Jerzy Antoniak, Polit. Slaska, Poljska, prof. Jan Boroška, BERG fakulta, Košice, Slovačka, prof. Vladimir I. Galkin, MGGU Moskva, Rusija, prof. Nediljka Gaurina Međimurec, RGNF, Zagreb, Hrvatska, prof. Horst Gondek, VŠB Ostrava, Češka, prof. Miloš Grujić, RGF, Beograd, Srbija, prof. Monika Hardygora, Pol. Vroclav, Poljska, prof. Dragan Ignjatović, RGF, Beograd, Srbija, prof. Miljan Jakšić, FTN Kosovska Mitrovica, Srbija, prof. Nikolaj M. Kačurin, TulGU, Tula, Rusija, prof. Božo Kolonja, RGF, Beograd, Srbija, prof. Aleksandar Lutynski, Polit. Slaska, Poljska, prof. Dušan Malindžak, BERG Košice, Slovačka, prof. Daniela Marasova, BERG Košice, Slovačka, prof. Matej Mateev, MGU Sofija, Bugarska, prof. Evgenija E. Sheshko, MGGU Moskva, Rusija, prof. Ratomir Stanković, TF, Bor, Srbija

**POČASNI ODBOR / COMMITTEE OF HONOUR**

prof. dr Mihailo Milivojević, dekan RGF, Beograd, dr Vladimir Đorđević, gen. direktor EPS, Beograd, Dragan Tomić, dipl. inž., gen. direktor JP RB Kolubara, Dragoljub Laković, dipl. inž., gen. direktor JP PK Kostolac, Dejan Popović, dipl. inž., gen. direktor JP PEU Resavica, Igor Korać, dipl. inž., gen. direktor NIS Naftagas, Novi Sad, mr Filip Vuković, izv. direktor RU Pljevlja

**ORGANIZACIONI ODBOR / ORGANIZING COMMITTEE:**

prof. dr Miloš Grujić, predsednik, prof. dr Božo Kolonja, potpredsednik, prof. dr Vladimir I. Galkin, potpredsednik, dr Daniela Marasova, potpredsednik, mr Ivica Ristović, sekretar, doc. dr Olga E. Sheshko, doc. dr Zoran Despodov, Daniela Cvancingerova, JUDr, Milenko Vulićević, dipl. inž., Miroslav Ivković, dipl. inž., Dragana Jelisavac – Erdeljan, dipl. inž., Predrag Makar, dipl. inž., Jelena Arežina, dipl. inž., Jovan Hamović, dipl. inž., Miodrag Grujić, dipl. inž., Tamara Čanković, dipl. ekon., Dragan Tošić, dipl. inž., Tibor Luhovi, dipl. inž.

**SPONZORI / SPONSORS:**

Ministarstvo nauke i zaštite životne sredine Republike Srbije, Elektroprivreda Srbije, Beograd, JP RB Kolubara Lazarevac, JP PK Kostolac, JP Podzemna eksploatacija uglja, Resavica, Rudnik uglja Pljevlja, NIS Naftagas, Novi Sad, MATADOR Conveyor Belts, Puchov, SIMING d.o.o. Beograd, Deutsche Bergbau – Technik (DBT), THIELE GmbH & Co. KG, Iserlohn, Eickhof Bergbautechnik GmbH, Bochum, FAM Forderanlagen, Magdeburg, FTT STOMIL, Wolbrom, Rudarski institut Beograd, IGM Toza Marković, Kikinda





## FUGITIVE DUST CONTROL ON MINE ROADS – COST OR SAVINGS

### KONTROLA FUGITIVNE PRAŠINE NA RUDNIČKIM PUTEVIMA – TROŠAK ILI PROFIT

Dejan Mirakovski<sup>1</sup>, Andrej Kepevski<sup>2</sup>, Radomir Cvetanovski<sup>3</sup>

<sup>1</sup>University in Skopje, Rudarsko-geološki fakultet, Štip Republic of Macedonia

<sup>2</sup>Cementary USJE- AD Skopje, Republic of Macedonia

<sup>3</sup>ESM - REK Oslomej, Kičevo, Republic of Macedonia

**Abstract:** This paper presents comprehensive technologies for fugitive dust control on mine haul roads. First part of the paper describes problems resulted from the excessive dust created from vehicles driving on the haul roads. The second part gives a systematic description of all comprehensive methods for dust control on haul roads, including their technical and economic performances.

**Key Words:** dust control, haul roads, trucks, wetting, suppression, stabilization

**Apstrakt:** Ovaj rad daje prikaz savremenih tehnologija za kontrolu fugitivne prašine na rudničkim transportnim putevima. Prvi deo rada opisuje probleme uzrokovane prašinom generisanom kretanjem transportnih sredstava tim putevima. U drugom delu sistemski su opisani savremeni postupci kontrole prašine na transportnim putevima, odnosno njihove tehničke i ekonomske performanse.

**Ključne reči:** kontrola prašine, transportni putevi, kamioni, navlaživanje, suzbijanje, stabilizacija.

#### 1 UVOD

Svakodnevni rad savremenih rudarskih operacija u kojima se iskopavaju, transportuju i procesiraju ogromne količine materijala, uveliko zavisi od efikasnosti i ekonomičnosti transportnih procesa. Svakako da uslovi u kojima se ovi procesi realizuju, imaju itekako veliki uticaj na njihov uspeh. Kako transportni uređaji u ime smanjenja troškova po jedinicu transportovane mase, postaju sve veći, ovi uticaji postaju još izraženiji. Na žalost, u svakodnevnoj trci za što veću proizvodnju malo se pažnje poklanja održavanju puteva po kojima se transport odvija, uključujući ovde i kontrolu prašine na tim putevima.

Za najveći broj rudnika, operacije održavanja puteva se u osnovi svode na mestimično zapunjavanje, grejdiranje (nivelisanje) i zalivanje vodom (prskalicama ili kamionima cisternama). Ponegde u cilju bolje supresije fugitivne prašine, zajedno sa vodom, upotrebljavaju se i hloridni aditivi.

Ove rutine, ne samo da ne pomažu u rešavanju problema, već u mnogim slučajima uvećavaju probleme, zaustavljanjem proizvodnih procesa i generisanjem dopunskih troškova (bez povratka uložених sredstava), kao i ugrožavanjem radne i životne sredine nedozvoljivim nivoima zapašenosti ili uvećavanjem koncentracija hlorida u okolnim vodnim tokovima.

Svakako da rudarska industrija, sa aspekta ekonomičnosti i profitabilnosti operacija, kao i aspekta ekološki prihvatljive proizvodnje, koji pod lupom javnosti postaje sve značajniji, mora ulagati više napora u cilju rešenja ovih problema.

Pojavom novih metoda kontrole fugitivne prašine na putevima, moguće je ostvariti efikasno smanjenje emisija fugitivne prašine, a procese održavanja puteva pretvoriti od potrošačke u profitabilne operacije.

#### 2 FUGITIVNA PRAŠINA - PROBLEM TRANSPORTNIH PUTEVA

Svakodnevno kretanje opreme kroz blato, prašinu ili rupe i barice vode, svakako umanjuje performanse transportnih uređaja, a time i ukupnu efikasnost i ekonomičnost transportnih operacija. Zanemarivanje transportnih puteva uzrokuje:

- uvećanje troškova održavanja opreme kao i troškove održavanja puteva,
- smanjenu produktivnost,
- smanjuje bezbednost transportnih operacija,
- utiče na kvalitet radne i životne sredine.

Kontinuirana emisija prašine sa transportnih puteva predstavlja početak njihovog razgrađivanja. Prašina se generiše mehaničkim drobljenjem materijala na površinu puta, kretanjem teških



kamiona. Inducirano kretanje vazduha iza kamiona podiže tu prašinu i disperguje je u okolnu atmosferu. To praktično znači gubljenje materijala sa površine puta i njegovo razgrađivanje.

Ekstremne količine prašine u vazduhu u prvom redu ugrožavaju zdravlje i bezbednost ljudi koji rade u blizini, izlažući ih riziku respiratornih oboljenja ili nesrećama koje mogu biti rezultat smanjene vidljivosti.

Disprezija te prašine u bližem ili daljem prostoru (što zavisi od dimenzije čestica prašine i brzine strujanja vazduha) dovodi do zagađenja životne sredine, što uobičajeno izaziva pritisak javnosti ili inspekciskih organa kao i moguće zakonske sankcije.

Prašina lako prodire u delove mašina i značajno smanjuje njihov radni vek. Statističke analize u površinskim kopovima metala u SAD, pokazala su da dobar program za kontrolu fugalivne prašine sa transportnih puteva može uštedeti više od 10 % samo na troškove regularnog održavanja [1].

Prskanje puteva čistom vodom sprečava podizanje prašine, ali zbog brzog isparivanje vode (zavisno od uslova, voda može ispariti za manje od 1 sata), neophodno je stalno ponavljati tu operaciju, kako bi se zadržala optimalna vlažnost puta.

Velike količine vode i frekventno ponavljajnje navlaživanja je jedan od osnovnih faktora koji doprinosi oštećenju puteva, jer voda ispire sitnež i time smanjuje kompaktnost podloge. Veći komadi materijala u oslabljenoj podlozi, se lakše drobe pod pritiskom teških vozila, čime se ubrzava proces uništavanja površinskog dela puta, odnosno formiranje kanala i rupa.

Korišćenje velikih kamiona, kao i vanjski uticaji (atmosferske padavine) još više ubrzavaju taj proces, tako da su češće popravke puteva neophodne. Frekvencija radova na popravljajnu puteva može biti tako velika da na najopterećenijim deonicama oni postaju kontinuirani. To svakako vezuje ljude i opremu, što normalno zahteva izdvajanje dopunskih sredstva u budžetu planiranom za transportne operacije.

Sa druge strane, akumulacija blata u slučaju prekomerne upotrebe vode ili hlorida uvećava koroziju delova, čime se još više skraćuje njihov vek eksploatacije. Pored toga, voda u kombinaciji sa oštrim površinama komada u podlozi puta uvećava mogućnost za cepanje guma, a time i njihovu preranu zamenu. Proizvođači kamionskih guma u svojim izveštajima pominju da samo 7% svih guma u rudnicima bivaju zamenjene kao rezultat habanja, dok se više od polovina (56%) menja kao rezultat nepopravljivih oštećenja [1].

Kretanje kamiona na vlažnim i klizavim površinama puteva (karakteristične posebno kod upotrebe hloridnih aditiva) uvećavaju opterećenje motora (čak i kod ravnih sekcija puta), smanjuju brzinu kretanja i bezbednost transportnih operacija.

Ove konstatacije upućuju na neophodnost primene savremenih metoda za kontrolu fugalivne prašine kod puteva, koje ako se pravilno primene osim redukcije prašine, mogu doprineti uvećanju produktivnosti transportnih operacija i uštede značajnih sredstava.

### 3 SAVREMENE METODE ZA KONTROLU FUGATIVNE PRAŠINE NA PUTEVIMA

Sa obzirom na izraženost ovog problema, na tržištu je prisutan veliki broj kompanija koje svoje proizvode nude kao alternativno rešenje. U osnovi to su različiti tipovi hemiskih aditiva, koji se u kombinaciji sa vodom ili bez rastvaranja apliciraju na površinu puta i obezbeđuju hemisku stabilizaciju. Tehnike apliciranja su raznolike i zavise pre svega od tipa aditiva i cilja programa za kontrolu prašine, a kreću se od jednostavnog rasprskavanja rastvora na površinu puta, do složenih operacija ripero vanja, grejdiranja i kompaktiranja površine sa višefaznim nanošenjem aditiva.

Uobičajeno, sve kompanije tvrde da njihov proizvod obezbeđuje višestruki povratak investicije, što je u ovom slučaju donekle i tačno. Ipak, sa obzirom na veliki broj parametara i posebnost svakog kopa, program kontrole koji za jednu lokaciju predstavlja idealno rešenje, ne mora biti efikasan u susednom kopu. Zbog toga se izboru aditiva i dizajniranju programa mora pristupiti sistematski i svi relevantni parametri moraju se uzeti u obzir.

Prema nameni i načinu dejstva, mogu se se razlikovati 3 grupe aditiva:

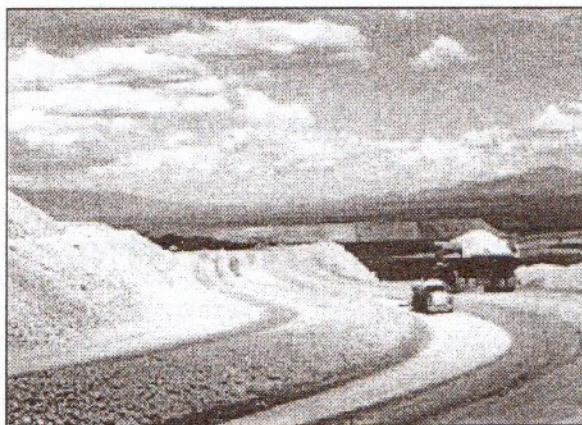
- *aditivi za kratkotrajnu stabilizaciju*, koji u osnovi smanjuju površinski napon vode i time uvećavaju brzinu absorpcije vode i njenu sposobnost prodiranja dublje u telo puta, čime se usporava isparivanje vode i smanjuju oštećenja puta. Neke formulacije sadrže i specijalne neisparljive komponente koje vezuju sitne čestice u telu puta čak i sa minimlanom količinom vode, čime se postiže mnogo bolje suzbijanje prašine.
- *aditivi za srednoročnu stabilizaciju*, ovu grupu čine organske smeše (lignin...) koje omogućavaju bolje vezivanje sitnih čestica u telu puta. Obično u ove smeše dodaju se i humektanti koji absorbuju vlagu iz vazduha i drže telo puta vlažno duže vreme.
- *aditivi za dugotrajnu stabilizaciju*, su organske polimerne smeše, produkti nafte, hloridi (koji se zbog ekoloških problema sve rede koriste). Ovi aditivi se apliciraju posebnim postupcima i generišu jedan vid kore (sličnu asfaltu) čime omogućuju dugotrajniju stabilizaciju površine puteva.

Aditivi sa kratkotrajnu stabilizaciju se najčešće apliciraju u vidu vodenog rastvora (1 : 5000), istom tehnikom kao čista voda. Ovi aditivi ne zahtevaju posebne pripreme puteva, a omogućuju efikasnije suzbijanje prašine i smanjuju potrebnu količinu vode odnosno frekvenciju prskanja za 100%. Njihovo je dejstvo kumulativno, tako da se efekti uvećavaju sa vremenom primene. Ovi aditivi su najčešće bio-razgradljivi, netoksični i ne uvećavaju koroziju opreme.

Smeše takifera i humektanata (aditivi za srednoročnu stabilizaciju) mogu se aplicirati kao vodeni rastvori ili kao čiste smeše. Aplikacija se vrši cisternama bez posebne pripreme puta. Kada se postigne zadovoljavajući nivo njihove koncentracije



u telu puta oni značajnije smanjuju potrebu od reaplikacije, koja se zavisno od tipa aditiva i uslova na putu može kretati od 7 do 30 dana. Smanjena potreba navlaživanja puta i bolja supresija prašine generišu značajan benifit transportnim operacijama.



slika 1 Primena aditiva na rudničkim putevima

Aditivi za dugotrajniju stabilizaciju se isto tako primenjuju kao vodeni rastvori ili kao čiste smeše. Uobičajeno njihova primena zahteva pripremu, počevši od riperovanja i grejdiranja puta. Na površinu puta aplicira se smeša aditiva a zatim se grejderom dodaje materijal i formira završni oblik podloge. Najbolji efekti

se postižu ako se površina puta kompaktira valjkom i na nju aplicira jedan završni sloj aditiva. Ovako pripremljeni put može trajati i više od 6 meseci bez potrebe od reaplikacije aditiva. Reaplikacije su jednostavnije i svode se na objavljanje završnog sloja.

#### 4 UMETO ZAKLJUČKA – TROŠAK ILI PROFIT

Svakako da je kupovina i aplikacija pomenutih aditiva novi trošak. Ipak dobro osmišljenim programom njihove primene, moguće je generisati benefite u svakom pogledu, čime se taj trošak realno višestruko isplati, a operacije održavanja puteva pretvore od potrošača u generatora novog profita.

U slučaju korišćenja surfaktantnih smeša, bolja supresija prašine i smanjenje potrebne količine vode za 100%, direktno znači smanjenje troškova navlaživanja (kroz redukciju angažmana ljudi i cisterne) za barem polovinu, što je obično i više puta veće nego cena ovih jeftinih aditiva. Ostale beneficije samo uvećavaju profitabilnost ovog programa.

Iako je potrošnja smeša takifera i humektanta nešto veća, smanjena potreba reaplikacije je još više izražena. Aditivi za dugotrajnu stabilizaciju su svakako najskuplji i zahtevaju posebnu tehniku aplikacije. Ipak se u praksi dokazuje da se njihova primena isplati još u prvoj godini programa, dok se na duži rok generiše značajna ušteda sredstava, što se lako može videti iz primera P.K. uglja u Luizijani, SAD:

Tabela 1. Komparacija troškova primene polimera (u 1.000 \$ USD).

Godina	Godišnji troškovi prskanja čistom vodom	Akumulirani troškovi prskanja čistom vodom	Godišnji troškovi polimera	Akumulisani troškovi polimera	Godišnja ušteda	Akumulisana ušteda
1	105	105	80	80	25	25
2	105	210	60	140	45	70
3	105	315	40	180	65	135
4	105	420	40	220	65	200
5	105	\$525	40	\$260	65	\$265

I u ovom slučaju ostale beneficije nisu uključene.

Svakako da primena aditiva nije tako jednostavna. Dizajn uspešnog programa njihove primene mora uzeti u obzir način odvijanja transporta, performanse kamiona, tipove podloge na putevima... Zbog toga je bliska suradnja odgovornog inženjera sa ekspertiima koji dizajniraju program preduslov za njegov uspeh.

#### 5 LITERATURA:

- [1] Poole, D.: *Respect your haul roads*. Pit & Quarry, February 2005
- [2] MIS: *Haul road dust control - case studies*. Product brochure.
- [3] Martin Magnesia Specialities: *HR-51*. Product brochure.